

**KARAKTERISTIK UNSUR LINGKUNGAN MIKRO  
PADA TEGAKAN HUTAN PINUS (*Pinus Merkusii Jungh*)  
DAN MAHONI (*Sweietenia Macrophylla King*)  
DI KAWASAN UB FOREST**

Oleh :

**MOHAMMAD FAZRI FIRDAUS**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2018**

**KARAKTERISTIK UNSUR LINGKUNGAN MIKRO  
PADA TEGAKAN HUTAN PINUS (*Pinus Merkusii Jungh*) DAN MAHONI  
(*Sweietenia Macrophylla King*)  
DI KAWASAN UB FOREST**

**Oleh:**

**MOHAMMAD FAZRI FIRDAUS  
135040201111399**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT BUDIDAYA PERTANIAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pertanian Sterata Satu (S1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
MALANG  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJLIS PENGUJI

Penguji I

Dr.Ir. Agus Suryanto, MS.  
NIP. 19550818 198103 1 008

Penguji II

Prof.Dr.Ir. Arifin, MS.  
NIP. 19530504 198003 1 021

Penguji III

Dr.agri Munun Barunawati, SP., MP  
NIP. 19740724 200501 2 001

Tanggal Lulus: 15 MAY 2018

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil dari penelitian saya sendiri, yang dibimbing oleh dosen skripsi. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang jelas di tunjukan rujukan dalam skripsi ini dan yang telah disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, April 2018

Mohammad Fazri Firdaus





## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Serang pada tanggal 10 Desember 1994 sebagai putra pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Mahpudin dan Ibu Bai Aksanah. Penulis bertempat tinggal di Kp. Pakem Des/Kec. Petir Rt/Rw. 02/01 Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Selama menempuh studi pendidikan Strata – 1 di Universitas Brawijaya.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 2 Petir pada tahun 2000 sampai tahun 2006. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Petir pada tahun 2006 sampai tahun 2009. Pada tahun 2009 sampai 2013 penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di MA Assa'adah Cikeusal. Pada tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata – 1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SNMPTN.

Semasa kuliah penulis aktif mengikuti Unit kegiatan mahasiswa (UKM) pada minat khusus yaitu Racana Brawijaya sebagai anggota aktif. Selain itu penulis juga aktif dalam kegiatan Program Studi Agroekoteknologi yang di selenggarakan Forum Komunikasi Agroekoteknologi (FORKANO). Selama masa kuliah penulis pernah menjabat sebagi pengurus harian di FORKANO periode 2015 sebagai anggota divisi humas .



*Skripsi ini Ku persembahkan  
untuk kedua orangtua Bapak Mahpudin dan Ibu Ba'i Aksanah,  
kedua adik ku Ara dan Qia beserta keluarga besar*

## RINGKASAN

**Mohammad Fazri Firdaus. 135040201111399. Karakteristik Unsur Lingkungan Mikro Pada Tegakan Hutan Pinus (*Pinus Merkusii Jungh*) Dan Mahoni (*Sweietenia Macrophylla King*) Di Kawasan UB Forest. Di bawah bimbingan Prof.Dr.Ir. Ariffin MS., sebagai Pembimbing Utama.**

---

Unsur lingkungan mikro seperti cahaya matahari, kelembaban, dan suhu sangat mempengaruhi terbentuknya kondisi lingkungan dalam suatu kawasan hutan. Kondisi lingkungan berpengaruh terhadap tumbuhnya tanaman atau pohon yang berada di suatu kawasan hutan dan kemudian menciptakan suatu ekosistem yang komplek. UB Forest yang dikelola Universitas Brawijaya, dengan konsep sebagai wadah pengembangan dalam bidang ilmu pengetahuan dengan menjadikan UB Forest sebagai Laboratorium hidup. Kawasan UB Forest di dominasi tegakan hutan pinus dan mahoni, yang tentunya memiliki karakteristik unsur lingkungan mikro terutama penetrasi cahaya matahari, suhu, dan kelembaban pada kawasan hutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari karakteristik unsur lingkungan mikro terutama penetrasi cahaya matahari, suhu, dan kelembaban pada tegakan pinus dan mahoni di kawasan UB Forest dan mengetahui kemungkinan jenis tanaman yang dapat dibudidayakan di kawasan UB Forest sesuai dengan kondisi unsur lingkungan mikro. Data yang didapat dari penelitian dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan tanaman pertanian yang dapat ditanam agar tumbuh optimal di lahan UB Forest.

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juli hingga bulan September 2017, dilakukan di Kawasan UB Forest. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan pinus dan mahoni. Peralatan yang digunakan yaitu parang, *lux meter*, *thermohygrometer*, kompas, pita ukur, *clinometer*, tali rafia, kamera digital, dan alat tulis. Penelitian dilaksanakan secara observasi langsung di lapang dengan metode *purposive sampling*. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan seperti, pengukuran penetrasi cahaya matahari, pengukuran suhu dan kelembaban. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data profil dari lokasi penelitian meliputi data letak dan topografi. Data hasil pengukuran dibuat ke dalam bentuk tabel agar mudah diolah dan dianalisis. Data diolah menggunakan Anova. Untuk mengetahui perbandingan antar 2 plot pengamatan akan di uji menggunakan Uji T dua sampel bebas dan ditunjang dengan data literatur kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa unsur lingkungan mikro memiliki karakteristik sesuai tegakan hutan yang tumbuh di kawasan UB Forest. Pada unsur penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tegakan dipengaruhi oleh umur tanaman, arah lereng, luas tajuk, ketinggian dan jarak tanam. Pada tegakan pinus dan mahoni terdapat perbedaan terhadap penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tanaman, dimana pada tegakan pinus penetrasi cahaya matahari lebih besar dibandingkan dengan tegakan mahoni. Hal tersebut di pengaruhi oleh karakter luas tajuk yang berbeda, pada tegakan pinus tajuk lebih kecil sehingga penetrasi cahaya matahari lebih banyak di terima tanaman, sedangkan pada tegakan mahoni karakter tajuk lebih besar sehingga penetrasi cahaya matahari yang masuk lebih sedikit.

## SUMMARY

**Mohammad Fazri Firdaus. 135040201111399. Characteristics of Elements Micro Environment on Pine (*Pinus Merkusii Jungh*) and Mahogany (*Sweietenia Macrophylla King*) forest in UB Forest Area. Under the guidance of Prof.Dr.Ir. Ariffin MS., As Principal Advisor.**

---

Elements of micro environments such as sunlight, humidity, and temperature greatly affect the formation of environmental conditions in a forest area. Environmental conditions affect the growth of plants or trees in a forest area and then create a complex ecosystem. UB Forest managed by Universitas Brawijaya, with the concept as a forum of development in the field of science by making UB Forest as a living Laboratory. UB Forest area is dominated by pine forest and mahogany stands, which of course have characteristic of micro environment element especially the penetration of sunlight, temperature, and humidity in forest area.

The purpose of this research is to know the characteristic of micro environment element especially the penetration of sunlight, temperature, and humidity on pine and mahogany stands in UB Forest area and to know the possibility of cultivated species in UB Forest area according to the condition of micro environment element. The data obtained from the research can be used as a basis for determining the crops that can be planted to grow optimally in the UB Forest.

The research was conducted in July until September 2017, conducted in UB Forest Area. The materials used in this research are pine and mahogany stands. The equipment used is parang, lux meter, thermohygrometer, compass, measuring tape, clinometer, raffia strap, digital camera, and stationery. The research was conducted by observation directly in field with purposive sampling method. Data collection is done by direct measurement in the field such as, measurement of penetration of sunlight, measurement of temperature and humidity. Secondary data required is profile data from the location of research including location data and topography. The measurement data is made into table form for easy processing and analysis. The data is processed using Anova. To know the comparison between 2 observation plots will be tested using T test two free samples and supported by literature data then analyzed by using descriptive analysis.

Based on the research results can be concluded that the element of micro environment has characteristics according to forest stands that grow in UB Forest area. In the element of penetration of sunlight which reached the stand is influenced by the age of the plant, the direction of the slope, the area of crown, altitude and jararak planting. In the stands of pine and mahogany there is a difference to the penetration of sunlight that reaches the plant, where in the pine trees penetration of sunlight is greater than mahogany stands. It is influenced by different canopy characters, on the smaller crown stands so that more sunlight penetration is received in plants, whereas in the crown stands the larger canopy characters allow less penetration of the incoming sunlight.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Unsur Lingkungan Mikro Pada Tegakan Hutan Pinus (*Pinus Merkusii Jungh*) Dan Mahoni (*Sweietenia Macrophylla King*) di Kawasan UB Forest”. Laporan hasil penelitian ialah sebuah hasil yang disusun sebagai salah satu syarat mahasiswa di program strata satu Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang untuk mendapatkan gelar sarjana strata satu.

Pada penulisan skripsi, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof.Dr.Ir. Ariffin MS., selaku dosen pembimbing utama yang telah membimbing dan mengarahkan pada proses pembuatan skripsi, kedua Orangtua serta keluarga yang selalu memberikan semangat dan doa, kepada Ibu Dr. Ir. Nurul Aini MS., selaku Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan tim jelajah UB Forest ( Tri Hidayati Jamin, Yoga Lorensa, Elmi Tarigan, Pak Safi'i dan Mas Doglek) dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi perbaikan penulisan selanjutnya sehingga proposal ini dapat bermanfaat bagi penulis pribadi dan para pembaca.

Malang, April 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	vii
SUMMARY .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
RIWAYAT HIDUP .....	v
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
1. PENDAHULUAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Tujuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Hipotesis .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Hutan di Indonesia .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Tipe-tipe Hutan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Ekologi Hutan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Sistem Agroforestri.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Hutan Pinus ( <i>Pinus Merkusii Jungh</i> ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6 Hutan Mahoni ( <i>Swietenia Macrophylla King</i> ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7 Radiasi Matahari .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8 Suhu.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9 Kelembaban.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. BAHAN DAN METODE.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Alat dan Bahan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Metode Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Deskripsi Plot Pengamatan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Pengukuran Unsur Lingkungan Mikro Di Kawasan UB <i>Forest</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3 Rekomendasi Tanaman Yang Dapat di Budidayakan	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

5.1 Kesimpulan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Saran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
DAFTAR PUSTAKA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

#### DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kriteria Plot Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.	Kode Plot Pengamatan Di Kawasan Ub Forest.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.	Penetrasi Cahaya Matahari Berdasarkan Umur Pohon..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.	Penetrasi Cahaya Matahari Berdasarkan Kelerengan....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.	Penetrasi Cahaya Matahari Antara Pinus Murni dengan Sistem Agroforestri Pinus.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.	Penetrasi Cahaya Matahari Antara Sistem Agroforestri Pinus Dan Mahoni .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.	Rerata Penetrasi Radiasi Matahari Pada Pohon Kopi ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8.	Rerata Suhu Dan Kelembaban .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Nomor	Lampiran	Halaman
<b>No table of figures entries found.</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Interaksi antara tanaman tahunan dengan tanaman semusim pada sistem Agroforestri . . . . .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.	Tegakan Hutan Pinus . . . . .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.	Tegakan Hutan Mahoni . . . . .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.	Kegiatan Pengukuran Penetrasi Cahaya Matahari dengan alat <i>Lux Meter</i> . . . . .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Plot pengamatan Agroforestri Mahoni+kopi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.	Plot pengamatan Agroforestri pinus+semusim .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.	Plot pengamatan Agroforestri Pinus+kopi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.	Plot pengamatan pinus murni.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.	Plot pengamatan Agroforestri mahoni+talas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Unsur lingkungan mikro seperti cahaya matahari, kelembaban, dan suhu sangat mempengaruhi terbentuknya kondisi alam dalam suatu kawasan hutan. Kondisi alam berpengaruh terhadap tumbuhnya tanaman atau pohon yang berada di suatu kawasan hutan yang kemudian menciptakan satu ekosistem yang kompleks. Cahaya matahari adalah sumber energi penting untuk seluruh vegetasi di permukaan bumi. Hampir seluruh energi di ekosistem hutan tropis berasal dari energi matahari yang diterima oleh kanopi dan permukaan tanah dalam beberapa spektrum gelombang pendek. Radiasi gelombang pendek yang penting untuk fotosintesis tanaman adalah radiasi dengan panjang gelombang 400-700 nm yang dikenal sebagai *Photosynthesis Active Radiation* (PAR). (Jarcuska, 2008).

Menurut Departemen Kehutanan (2009), kawasan hutan di Indonesia mencapai luas 134 juta ha atau sekitar 60 persen dari luas total Indonesia. Hutan mempunyai manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah dikenal secara luas. Manfaat langsung hutan adalah penghasil kayu dan non-kayu, sedangkan manfaat tidak langsung adalah sebagai pengatur iklim mikro, pengatur tata air dan kesuburan tanah, serta sumber plasma nutfah yang sangat penting bagi kehidupan manusia untuk saat ini dan di masa yang akan datang. Hutan juga berperan penting dalam perubahan iklim. Dalam konteks perubahan iklim, hutan dapat berperan sebagai penyerap/penyimpan karbon (*sink*) maupun pengemisi karbon (*source of emission*).

Sementara itu laju pertumbuhan penduduk di Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat sehingga kebutuhan terhadap hasil hutan dan pertanian semakin meningkat pula. Akan tetapi, luas lahan untuk pertanian dan kehutanan semakin berkurang. Untuk memenuhi kebutuhan terhadap hasil hutan dan hasil pertanian yang semakin bertambah dan beraneka ragam dengan kemampuan lahan pertanian yang terbatas dan untuk memperbaiki keadaan tempat tumbuh serta memelihara sumberdaya hutan, tanah dan air, maka salah satu upaya yang perlu dikembangkan adalah agroforestri (Satjapradja, 1982).

UB *Forest* adalah kawasan hutan seluas 554 Ha yang dikelola Universitas Brawijaya, diresmikan pada 19 September 2016 dengan konsep sebagai wadah pengembangan dalam bidang ilmu pengetahuan. Akses masuk yang dapat ditempuh adalah dari Dusun Summersari, Desa Tawangargo, Kecamatan

Karangploso, Kabupaten Malang. Menjadikan UB *Forest* sebagai Laboratorium hidup dan menjadi wadah untuk menggali ilmu pengetahuan bagi mahasiswa. Kawasan UB *Forest* di dominasi 2 tegakan yaitu tegakan pinus dan tegakan mahoni, yang tentunya memiliki karakteristik unsur lingkungan mikro terutama penetrasi cahaya matahari, suhu, dan kelembaban yang berbeda pada tiap kawasan. Penetrasi cahaya matahari menjadi sangat penting bagi tanaman. Hal ini karena cahaya matahari berkaitan dengan ketersediaan cahaya yang dapat menembus tajuk tanaman untuk proses fotosintesis serta dapat mempengaruhi suhu dan kelembaban di area hutan. Dengan adanya hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai karakteristik unsur lingkungan mikro pada tegakan hutan pinus dan mahoni untuk dapat mengetahui jenis tanaman pertanian yang dapat dikembangkan dan sesuai dengan kondisi hutan.

### 1.2 Tujuan

- a. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik unsur lingkungan mikro terutama penetrasi cahaya matahari, suhu, dan kelembaban pada tegakan pohon pinus dan mahoni di kawasan UB *Forest*.
- b. Mendapatkan jenis tanaman yang dapat dibudidayakan sesuai kondisi lingkungan mikro terutama penetrasi cahaya matahari, suhu, dan kelembaban pada tegakan hutan pinus dan mahoni di kawasan UB *Forest*.

### 1.3 Hipotesis

- a. Penetrasi cahaya matahari yang diterima oleh pohon pinus lebih besar dibanding dengan penetrasi cahaya matahari yang diterima oleh pohon mahoni.
- b. Penetrasi cahaya matahari pada pohon pinus dengan usia 10-20 tahun lebih kecil dibanding dengan pohon pinus berusia 21-30 tahun.
- c. Penetrasi cahaya matahari pada pohon mahoni dengan usia 10-20 tahun lebih besar dibanding dengan pohon mahoni berusia 21-30 tahun.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hutan di Indonesia

Hutan adalah suatu kawasan yang didalamnya terdapat berbagai sumber daya alam yang sangat melimpah yang tentunya banyak memberikan manfaat bagi umat manusia. Selain itu hutan juga merupakan tempat tinggal alami bagi flora maupun fauna. Hutan banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia, karena hasil hutan dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam kebutuhan manusia.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Djajapertjunda, (2002), hutan merupakan sumber daya alam yang dapat memberikan manfaat berlipat ganda, baik manfaat yang langsung sebagai sumber berbagai jenis barang, seperti kayu, getah, kulit kayu, daun, akar, buah bunga dan lain-lain yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh manusia atau menjadi bahan baku berbagai industri yang hasilnya dapat digunakan untuk memenuhi hampir semua kebutuhan manusia maupun manfaat yang tidak langsung yang berupa perlindungan lingkungan, pengelolaan tata air, memberikan keindahan dan kenyamanan dan lain-lain. Oleh karena itu hutan memiliki sifat yang khusus yang sangat khas, karena hutan dapat dikelola secara lestari dan dapat diperbaharui atau dipulihkan kembali (*renewable*). Bahkan dengan bioteknologi, produksi hutan dapat di rekayasa agar dapat memberikan hasil yang lebih banyak dalam waktu yang lebih singkat.

Indonesia adalah Negara yang terdiri dari 13.000 pulau baik kecil maupun besar yang membujur dari Barat ke Timur dengan jarak lebih dari 4.500 km, dibatasi oleh garis bujur 95° LU dan 140° LS, sedangkan jarak antara ujung selatan dan ujung utara lebih dari 1.500 km, dibatasi garis lintang utara 6° dan garis lintang selatan 11°. Indonesia terletak di wilayah Khatulistiwa maka iklimnya adalah tropis, dengan luasan negara dan iklim tropis tipe vegetasi hutan di Indonesia termasuk kategori terkaya di dunia yang memiliki jenis tumbuhan dalam jumlah besar. Hutan di Indonesia terdiri dari hutan-hutan yang unik dan memiliki ciri khas masing masing sesuai kondisi daerahnya. Adapun jenis hutan yang ditemukan antara lain, jenis hutan tropika basah yang memiliki jenis-jenis komersial, hutan rawa, hutan payau, dan hutan gunung Djajapertjunda, (2002).

Ngadiono dan Uttoyo (1999) dalam Djajapertjunda (2002), memberikan ringkasan berupa catatan yang diperoleh dari Departemen Kehutanan dan Perkebunan diantaranya:

- a. Potensi Sumber Daya Hutan Indonesia yaitu 10% spesies bunga di dunia (ketujuh terbanyak di dunia); 12% species mamalia dunia (terbesar pertama di dunia dengan 515 spesies dan 36% endemik); 16% dari seluruh jumlah reptil dan amphibi (ke tiga besar dengan jumlah 60 species); 17% burung di dunia ( keempat terbesar di dunia dengan 1.519 species dan 28% endemik); 25% species ikan di dunia; Pertama dan terbesar untuk swallow-tail butterflies (121 species dan 44% endemik); Pertama dan terbesar dalam deversity palm (lebih dari 400 species dipterocarps); Sekitar 25.000 tumbuhan berbunga begitu pula faunanya.
- b. Tumbuhan Yang Dilindungi yaitu 14 jenis Palmae, 1 jenis Raflesiacea, 29 jenis Orchidaceae, 1 jenis Nephentaceae, 13 jenis Dipterocarpaceae.
- c. Satwa yang di lindungi yaitu 70 species Mamalia, 93 jenis Aves, 31 jenis
- d. Reptilia, 20 Jenis Insect, 7 jenis pisces, 1 jenis Anthozoa, 14 jenis Bivalvia

Diantara tanaman dan satwa yang ada di Indonesia Terdapat dalam suatu ekosistem yang terdiri dari, 36 Unit Taman Nasional, 178 Unit Cagar Alam dan Suaka Margasatwa, 85 Unit Taman Wisata Alam, 12 Unit Taman Hutan Raya, dan 19 Unit Taman Baru. Disamping itu dalam kawasan hutan yang luasnya mencakup 61.266.156 Ha terdapat kayu komersil dalam jumlah yang besar yang sudah dapat dimanfaatkan.

## 2.2 Tipe-tipe Hutan

Hutan memiliki banyak tipe berdasarkan kemurnian tegakan kayu yang tumbuh dalam suatu kawasan hutan, adapun tipe-tipe hutan diantaranya:

### a) Hutan Murni

Hutan murni adalah yang terdiri dari satu jenis mayoritas pohon, misalnya hutan Jati (*Tactona grandis*), Hutan Pinus (*Pinus merhkusii*), Hutan Aghatis (*Aghatis spp*).

### b) Hutan Campuran

Hutan campuran adalah hutan yang didalamnya berbagai jenis kayu.sebagian besar hutan yang ada di Indonesia merupakan hutan campuran yang tumbuh secara alami (Djajapertjunda, 2002).

## 2.3 Ekologi Hutan

Ekologi merupakan ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Lingkungan merupakan hubungan dari komponen fisik dan hayati yang berpengaruh terhadap kehidupan yang ada di



dalamnya. Luas lingkungan mencakup semua hal yang ada di luar organisme yang bersangkutan, seperti radiasi matahari, suhu, curah hujan, kelembaban, dan topografi.

Ekologi hutan adalah cabang dari ekologi yang mempelajari ekosistem hutan. Hutan memiliki hubungan yang sangat erat antara tumbuhan pembentuk hutan dengan binatang liar dan alam lingkungannya sehingga hutan dilihat sebagai suatu ekosistem yang dapat di pelajari. Dalam ekosistem hutan dapat di oelajari pengaruh beberapa faktor ekologi terhadap kondisi populasi, baik populasi tumbuhan ataupun populasi binatang liar yang ada di dalamnya. Dalam mempelajari ekologi hutan memiliki tujuan mengarahkan atau memelihara ekosistem hutan dalam keadaan yang memungkinkan untuk selalu bisa dijadikan sebagai sumber pemenuhan kebutuhan manusia sepanjang masa. Ekosistem hutan dibentuk oleh banyak komponen yaitu komponen hayati dan non hayati sehingga semua informasi tentang masing-masing komponen sangat penting salah satu contohnya klimatologi.

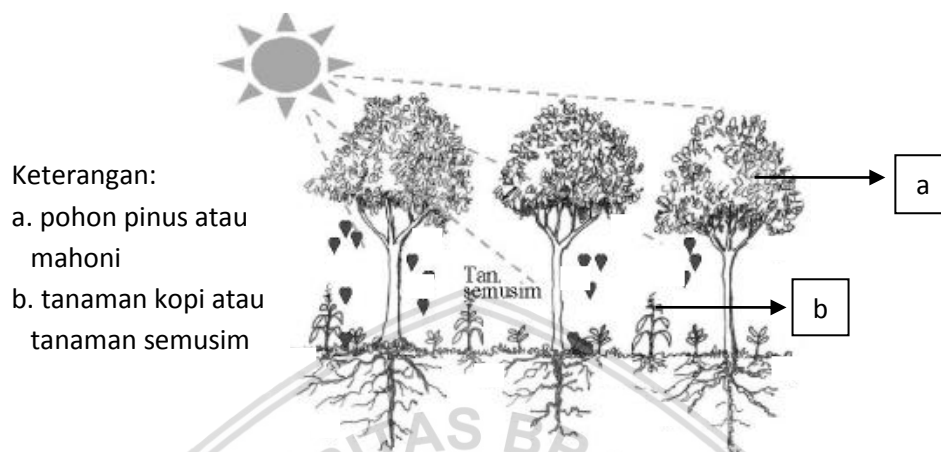
Iklim merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi penyebaran dan pertumbuhan tanaman. Unsur-unsur iklim seperti temperatur, curah hujan, kelembaban, dan tekanan uap air berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon. Pengaruh iklim terhadap kehidupan tumbuhan sangat nyata, terutama iklim mikro yang bergantung terhadap keadaan topografi dan kondisi atmosfer karena kondisi atmosfer ikut menentukan sifat iklim setempat dan regional. Kondisi vegetasi tumbuhan hutan juga mempengaruhi perubahan terhadap unsur-unsur iklim, dan dapat di katakan bahwa iklim lokal sangat bergantung kepada kondisi vegetasi yang ada (Indriyanto, 2012).

## 2.4 Sistem Agroforestri

Agroforestri secara harfiah berasal dari dua kata yaitu *agros* (bahasa Yunani yang berarti pertanian) dan *forestry* (bahasa Inggris yang berarti hutan). Oleh karena itu, agroforestry berarti sebuah bentuk kombinasi antara kegiatan budidaya pertanian dengan kegiatan kehutanan yang memanfaatkan sebidang lahan, termasuk di dalamnya ilmu, manajemen, seni dan rangkaian aktivitas dalam usaha pengelolaan hutan dan penggunaan sumber daya alam untuk kepentingan manusia tanpa mengabaikan aspek-aspek kelestarian (Firmansyah, 2002). Berikut adalah contoh gambar sistem agroforestry di hutan.

Agroforestri sebagai bentuk penggunaan lahan secara permanen, penggunaannya untuk tanaman pohon yang di dalamnya di tanam tanaman

pertanian secara bersama-sama sepanjang rotasi dan apabila memungkinkan juga di kombinasikan dengan tanaman hijauan maanan ternak, memberikan kemungkinan adanya modifikasi sesuai dengan kondisi fisik dan sosial ekonomi (Fandeli, 1980).



Gambar 1. Interaksi antara tanaman tahunan dengan tanaman semusim pada sistem Agroforestri (google image, 2017).

Sedangkan (Perhutani, 2002) menjelaskan bahwasanya agroforestri merupakan pemanfaatan lahan secara optimal dan lestari, dengan cara mengkombinasikan kegiatan pertanian dan kehutanan pada unit pengelolaan lahan yang sama dengan memperhatikan kondisi lingkungan fisik, sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat yang berperan serta. Sistem agroforestri ini bermaksud untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa sekitar hutan, dengan cara memberikan peluang kepada masyarakat desa atau petani untuk bercocok tanam tanaman pangan guna meningkatkan pendapatan penduduk. Dengan demikian harapannya masyarakat turut ikut serta dan berperan aktif guna menyelamatkan lahan hutan dari kerusakan.

Agroforestri dapat dikelompokkan menjadi dua sistem, yaitu agroforestri sederhana dan agroforestri kompleks. Sistem agroforestri sederhana yaitu suatu sistem pertanian dimana pohon ditanam secara tumpangsari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim. Sementara sistem agroforestri kompleks merupakan suatu sistem pertanian menetap yang melibatkan banyak jenis pohon baik yang ditanam secara sengaja maupun tumbuh alami yang paling terlihat dari agroforestri kompleks adalah penampakan fisik dan dinamika di dalamnya yang mirip dengan ekosistem hutan sehingga disebut juga sebagai *agroforest* (De Foresta dan Michon, 1997).

## 2.5 Hutan Pinus (*Pinus Merkusii Jungh*)



Gambar 2. Tegakan Hutan Pinus ( Google images,2017)

Klasifikasi pada tanaman pinus yaitu *Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese, (sigi atau tusam), masuk ke dalam Kingdom Plantae, Divisi Pinophyta, Kelas Pynopsida, Ordo Pinales, Famili Pinaceae, genus *Pinus*, sub-genus *Pinus*, spesies *Pinus merkusii*. Memiliki buah dengan perisai ujung berbentuk jajaran genjang, akhirnya merenggang, tinggi kisaran 20-40 m dan diameter 30-60 cm (Corryanti dan Rahmawati, 2015 ).

*Pinus merkusii* dapat tumbuh di tanah kurang subur, tanah berpasir, dan tanah berbatu, dengan curah hujan tipe A-C pada ketinggian 200-1.700 m diatas permukaan laut. Di hutan alam masih banyak ditemukan pohon besar berukuran tinggi 70 m dengan diameter 170 cm (Harahap dan Izudin, 2002). *Pinus merkusii* Jungh. et deVries merupakan satu-satunya jenis pinus yang tumbuh di Indonesia salah satunya tumbuh di Sumatera Utara dan sebaran alaminya sampai di Asia Tenggara antara lain Laos, Kamboja, Thailand, Vietnam, dan di Filipina. *Pinus merkusii* Jungh.et deVries termasuk suku Pinacea nama daerah Pinus (Jawa), tusam (Sumatera) (Siregar, 2005).

*Pinus merkusii* Jungh.et deVries atau sering disebut dengan tusam salah satunya jenis pohon industri yang mempunyai produk tinggi dan merupakan prioritas jenis tanaman untuk reboisasi dapat menghasilkan daun 12,56-16,65 ton/hektar (Komarayati *et al*, 2002). Pinus termasuk dalam jenis pohon serba guna yang terus-menerus dikembangkan dan diperluas masa penanamanya masa mendatang untuk penghasil kayu produksi, getah dan konservasi lahan (Dahlian dan Hartoyo,1997). Kayunya dapat dimanfaatkan menjadi bahan konstruksi, korek api, pulp, kertas serat panjang.

Bagian batangnya dapat disadap untuk mengambil getahnya dan diproses lebih lanjut dengan penyulingan menghasilkan gondorukem sebagai komponen utama dan terpentin sebagai hasil samping. Gondorukem telah

banyak diperdagangkan untuk keperluan dalam negeri dan ekspor (Sastrohamidjojo, 2004) yang dapat digunakan sebagai bahan membuat sabun, resin dan cat (Dahlian dan Hartoyo, 1997) sementara terpentin yang dihasilkan berupa bagian minyak atsiri yang dapat digunakan dalam bidang farmasi ataupun industri, bidang farmasi minyak terpentin dari pinus memiliki komponen utama  $\alpha$ -pinen yang bersifat sebagai anti jamur, antiseptik/antibakteri, serta potensi untuk mengurut otot dan persendian yang mengalami depresi (Sutiya,2006).

### 2.6 Hutan Mahoni (*Swietenia Macrophylla King*)

Taksonomi tumbuhan mahoni (*Swietenia Macrophylla King*) diklasifikasikan sebagai berikut: Kingdom: Plantae, Divisi: Magnoliophyta, Kelas : Magnoliopsida, Ordo : Sapindales, Famili: Meliaceae, Genus: Swietenia, Spesies: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq, nama lain mahoni (*S. mahagoni* (L.) Jacq) sesuai daerah atau Negaranya di Bangli disebut sebagai mahagni. Di Belanda dikenal sebagai mahok. Orang Perancis menyebutnya acajou atau acajou pays, sementara di Malaysia tanaman ini dinamai cheriamagany. Lain lagi dengan orang Spanyol yang mengenalnya sebagai caoba/caoba de Santo/domingo. Di Indonesia sendiri tumbuhan berkayu keras ini mempunyai nama lokal lainnya, yaitu mahagoni, maoni atau moni.( Durahim dan Hendromono, 2001).



Gambar 3. Tegakan Hutan Mahoni (Google images, 2017)

Mahoni termasuk tumbuhan tropis dari famili Meliaceae yang berasal dari Hindia Barat. Tumbuhan ini dapat ditemukan tumbuh liar di hutan jati, pinggir pantai, dan di jalan-jalan sebagai pohon peneduh. Perkembang-biakannya dengan menggunakan biji, cangkakan, atau okulasi. Untuk tanaman mahoni yang akan digunakan sebagai tanaman obat, maka tidak boleh diberi pupuk



kimia (anorganik) maupun pestisida. Buahnya pahit dan berasa dingin. (Harianja, 2008).

Tanaman ini merupakan tanaman tahunan dengan tinggi  $\pm$  5-25 m, berakar tunggang, berbatang bulat, percabangan banyak dan kayunya bergetah. Daunnya majemuk menyirip genap, helaian daun berbentuk bulat telur, ujung dan pangkalnya runcing, dan tulang daunnya menyirip. Daun muda berwarna merah, setelah tua berwarna hijau. Bunganya majemuk tersusun dalam karangan yang keluar dari ketiak daun. Buahnya bulat telur, berlekuk lima, berwarna coklat. Di dalam buah terdapat biji berbentuk pipih dengan ujung agak tebal dan warnanya coklat kehitaman. (Yuniarti, 2008).

### 2.7 Radiasi Matahari

Radiasi matahari memiliki peranan penting bagi makhluk hidup di bumi tidak terkecuali tanaman. Hal ini sesuai menurut (Tjasyono, 2004) Matahari merupakan kendali cuaca serta iklim yang sangat penting dan sebagai sumber energi utama di bumi yang menggerakkan udara dan arus laut. Energi matahari diradiasikan ke segala arah, sebagian hilang ke alam semesta, dan hanya sebagian kecil saja yang dapat diterima bumi. Bumi berevolusi mengelilingi matahari pada jarak rata-rata 93 juta mil. Orbit bumi berbentuk elips dengan eksentrisitas sangat kecil (0,017), ini berarti orbit bumi hampir berbentuk lingkaran. Jarak matahari-bumi yang terdekat disebut perihelion, terjadi pada tanggal 4 Januari dengan jarak 91,5 juta mil, dan jarak matahari-bumi yang terjauh disebut aphelion terjadi pada tanggal 5 Juli dengan jarak 94,5 juta mil. Radiasi adalah suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang mempunyai suhu di atas nol mutlak dan merupakan satu-satunya bentuk energi yang dapat menjalar di dalam vakum angkasa luar.

Radiasi matahari merupakan gelombang elektromagnetik yang terdiri atas medan listrik dan medan magnet. Matahari setiap menit memancarkan energi sebesar  $56 \times 10^{26}$  kalori. Dari energi ini bumi menerima  $2,55 \times 10^{18}$  kalori atau hanya  $\frac{1}{2} \times 10^9$  nya (Prawirowardoyo, 1996). Radiasi matahari yang jatuh ke bumi disebut insolasi. Insolasi adalah penerimaan energi matahari oleh permukaan bumi, bentuknya adalah sinar-sinar gelombang pendek yang menerobos atmosfer. Radiasi matahari menjalar di dalam angkasa luar tanpa kehilangan energi, intensitasnya berkurang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari matahari. Jumlah energi matahari rata-rata yang jatuh pada puncak atmosfer tiap satuan luas (1 cm<sup>2</sup>) tegak lurus pada sinar matahari tiap menit, yaitu 2,0 kalori

(Prawiwardoyo, 1996). Radiasi yang dipancarkan matahari diterima permukaan bumi sangat kecil, tetapi bagi bumi, radiasi matahari merupakan energi utama proses-proses fisika atmosfer. Lama penyinaran matahari dalam periode harian adalah variasi dari bulan ke bulan berikutnya, hal ini juga banyak mempengaruhi intensitas total radiasi matahari seperti yang diketahui bahwa radiasi matahari yang dipancarkan adalah berbentuk energi, dan energi ini digunakan untuk memanaskan bumi, oleh karena itu ukuran panas bumi merupakan ukuran besarnya energi matahari yang diterima permukaan bumi.

Radiasi matahari memiliki peran utama yakni sebagai sumber kehidupan yang berpengaruh terhadap *physiologi* hutan, morfologi, sifat-sifat lingkungan hutan dan terhadap semua organisme dalam hutan. Radiasi matahari memiliki peran utama bukan hanya terhadap hutan melainkan terhadap lingkungan lainnya. Perbedaan lokasi hutan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan munculnya variasi intensitas cahaya yang dapat menimbulkan persaingan dalam hutan sehingga menyebabkan kehidupan atau kematian jenis-jenis tertentu atau organisme tertentu. Jenis-jenis pohon tertentu dan organisme tertentu didalam hutan mengalami persaingan dalam perebutan sinar matahari dan cahaya. Adanya perbedaan (*variasi*) intensitas sinar/cahaya matahari maka perlunya mengatur dengan mempertimbangkan hal tersebut, terkait dengan jenis dan lokasi serta tanamannya hutan (Baharudin dan Taskirawati, 2017).

### 2.7.2 Interaksi Radiasi Matahari dengan Kanopi

Pengaruh unsur cahaya pada tanaman tertuju pada pertumbuhan vegetatif dan generatif. Tanggapan tanaman terhadap cahaya ditentukan oleh sintesis hijau daun, kegiatan stomata (respirasi, transpirasi), pembentukan anthosianin, suhu dari organ-organ permukaan, absorpsi mineral hara, permeabilitas, laju pernafasan, dan aliran protoplasma. Secara teoritis, semakin besar jumlah energi yang tersedia akan memperbesar jumlah hasil fotosintesis.

- a. Pengaruh termal (*Thermal effect*), sebagai hasil dari kesetimbangan energi antara tanaman dengan lingkungannya. Radiasi merupakan input energi utama dimana energi ini diubah menjadi bahang (heat) dan bentuk energi lain sesuai dengan neraca energi tanaman.
- b. Fotosintesis. Sebagian besar radiasi matahari diserap tanaman digunakan untuk mensintesis materi energi yang merupakan energi utama di dalam biosfer.

- c. Fotomorfogenesis. Jumlah dan distribusi spektral dari radiasi gelombang pendek juga berperan penting dalam regulasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.
- d. Mutagenesis. Dimana radiasi dengan gelombang yang sangat pendek (termasuk U, sinar-X dan  $\gamma$ ) dapat mempengaruhi struktur materi genetik yang mengakibatkan kerusakan dan mutasi sel-sel tanaman.

Kanopi tanaman memiliki tiga sifat optikal yaitu reflektifitas ( $\rho$ ) yang merupakan proporsi kerapatan fluks radiasi matahari yang dipantulkan oleh unit indeks luas daun, transmisivitas ( $\tau$ ) yaitu proporsi kerapatan fluks radiasi yang ditransmisikan oleh unit indeks luas, dan absorpsivitas ( $\alpha$ ) yaitu proporsi kerapatan fluks radiasi yang diabsorpsi oleh unit indeks luas daun (Jones, 1992).

### 2.7.3 Distribusi Cahaya dalam Kanopi

Distribusi radiasi diantara kanopi tanaman sulit untuk dideskripsikan karena dibutuhkan pengetahuan mengenai arsitektur kanopi, distribusi sudut radiasi matahari yang datang dan sifat optikal tanaman. Secara sederhana dengan asumsi distribusi tegakan horizontal dan seragam sehingga radiasi yang datang ke kanopi tanaman hanya berubah terhadap ketinggian. Secara umum rata-rata radiasi cenderung menurun secara ekponensial dengan meningkatnya kedalaman mengikuti Hukum Beer yang mengasumsikan kanopi adalah penyerap (*absorber*) yang homogen. Selain ketinggian, untuk distribusi kanopi yang seragam radiasi transmisi juga dipengaruhi oleh *leaf area index* (LAI) dan koefisien pemadaman ( $k$ ).

Koefisien pemadaman dapat menjelaskan hubungan karakteristik kanopi tanaman dan intersepsi radiasi. Monteith (1973) menjelaskan bahwa koefisien pemadaman memberikan hubungan terbalik dengan kandungan klorofil per satuan luas daun dan berkurang dengan bertambahnya reflektivitas daun. Nilai  $k$  bervariasi tergantung dari ukuran daun dan arsitektur kanopi. Nilai  $k$  total radiasi berkisar antara 0.30-0.45 untuk tanaman yang memiliki daun tegak (berbagai jenis serealia) sampai nilai 0.8 pada tanaman yang memiliki tipe daun horizontal (misal kacang tanah). Dalam komunitas tanaman, besarnya transmisi dan refleksi bergantung pada sudut datang sinar (Monteith 1973). Koefisien refleksi dan transmisi untuk sudut datang 00 hingga 500 hampir konstan. Semakin besar sudut datang sinar, koefisien refleksi semakin meningkat dan koefisien transmisi menurun, dimana perubahan tersebut bersifat komplementer sehingga

keseluruhan nilai absorpsi yang dapat dimanfaatkan untuk proses fotosintesis besarnya relatif konstan (Impron 1999). Ketersedian dan variabilitas cahaya pada skala mikro di lantai hutan dipengaruhi oleh fenologi daun, posisi matahari, kondisi langit, lokasi gaps, ukuran gap, dan tinggi kanopi (Baldocchi dan Collineau 1994).

## 2.8 Suhu

Suhu dalam kegiatan pertanian memerlukan data suhu meliputi suhu udara lingkungan atau suhu permukaan dan suhu tanah. Sinar matahari merupakan sumber utama yang menimbulkan panasnya atmosfer. Apabila sinar matahari mengenai suatu benda sebagian sinarnya di pantulkan sebagian di teruskan, dan sebagian di serap. Benda yang menyerap sinar matahari dapat mengalami berbagai macam proses, diantaranya memancarkan kembali sinaran dalam bentuk panas.

### a. Suhu udara permukaan

Suhu udara yang ada di dekat permukaan dan suhu udara atas dapat disebut sebagai suhu udara permukaan. Pengukuran suhu udara permukaan dilakukan pada ketinggian 1,2 m dari permukaan bumi menggunakan alat termometer. Setiap bagian atmosfer mempunyai suhu yang berbeda setiap saat. Perbedaan terjadi dikarenakan jumlah sinaran yang diterima berbeda dan beberapa faktor antara lain kedudukan matahari tinggi rendahnya tempat struktur dan jenis permukaan. Daerah tropik memiliki suhu rata-rata paling tinggi karena matahari secara terus menerus di atas kawasan katulistiwa sehingga kawasan tersebut banyak menerima sinaran. Suhu udara di dekat permukaan bumi mempunyai perubahan harian dan perubahan musim dikarenakan bumi berputar pada porosnya dan beredar mengelilingi matahari.

### b. Suhu tanah

Pengukuran suhu tanah dilakukan dengan memasang termometer di dalam tanah pada kedalaman sesuai dengan pengukuran, umumnya digunakan kedalaman standar yaitu 5, 10, 20, 50, dan 100 cm dari permukaan tanah.

### 2.8.1 Pengaruh Suhu Terhadap Hutan

Meningkatnya suhu berpengaruh terhadap musim. Musim panas dapat menyebabkan tajuk di hutan terbakar dan menyebabkan banyak kematian pohon

dalam tegakan hutan. Kekeringan dalam hutan biasanya diikuti oleh kebakaran hutan, sehingga iklim mikro mengalami perubahan.

Ikli mikro berpengaruh terhadap kondisi tanah dalam areal hutan yang tergantung pada kemiringan lereng, naunganm kelembaban tanah dan warna tanah. Faktor suhu dalam manajemen hutan terutama cuaca, merupakan hal yang menjadi pertimbangan dalam menentukan kebijakan pengelolaan hutan, misalnya sewaktu penebangan, penanaman, dan lain-lain.

## 2.9 Kelembaban

Kelembaban digunakan untuk menyatakan kadar uap air didalam udara. Udara mengandung banyak uap air yang tidak tetap. Uap air berasal dari berbagai sumber yaitu penguapan laut, penguapan sungai, penguapan danau, dan penguapan dari proses fotosintesis pada tumbuhan. Banyaknya uap air di udara bergantung pada banyak faktor yaitu ketersediaan air dan sumber uap, suhu udara, tekanan udara, dan angin.

Udara dibedakan dari kandungan uap air di dalam nya dan di kenal istilah udara basah dan udara kering. Udara yang mengandung uap air disebut udara basah dan udara yang tidak mengandung uap air disebut udara kering. Jadi udara basah merupakan campuran udara kering dan uap air. Baik udara kering aupun uap air keduanya berbentuk gas yang mempunyai tekanan.

Tekanan udara merupakan jumlah tekanan dari udara kering dan tekanan uap air yang ada di dalam atmosfer saat itu. Udara yang suhunya tinggi mempunyai kemampuan menyimpan uap air lebih banyak dibandingkan dengan udara yang suhunya lebih rendah (Wirjohamidjojo dan Swarinoto, 2007).



### 3. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Juli hingga bulan September 2017, dilakukan di Kawasan UB Forest yang terletak di Kecamatan. Karangploso-Kabupaten. Malang (Koordinat 7°49'300" – 7°51'363" LS dan 112°34'378" – 112°36'526" BT). UB Forest berada pada ketinggian antara 750 mdpl hingga 1500 mdpl.

##### 3.1.1 Deskripsi Area Studi

Desa Tawangargo memiliki topografi yang beragam, mulai dari dataran hingga pegunungan. Keadaan ini mencerminkan adanya variasi lingkungan yang cukup mencolok, antara lain: relief, iklim mikro dan macam serta umur bahan induknya. Bahan induk, relief, iklim mikro dan umur serta vegetasi merupakan faktor utama pembentuk tanah di daerah survei. Daerah dengan topografi datar ditemukan pada daerah dengan kisaran ketinggian kurang lebih 800 meter. Daerah yang memiliki relief relatif datar-agak datar ini banyak digunakan sebagai lahan budidaya pertanian untuk komoditas musiman dan hortikultura yang dikelola intensif sepanjang tahun. Daerah perbukitan ditemukan pada kisaran ketinggian 800-1500 meter. Daerah ini merupakan konsentrasi perkebunan dan lahan kering. Sedangkan di atas 1000 meter merupakan daerah perbukitan-pegunungan yang pengaruh vulkanik tampak jelas dan tertutup abu vulkanik. Beberapa lahan pada kawasan pegunungan dan perbukitan telah banyak digunakan untuk budidaya hortikultura dan sebagian masih berupa hutan baik alami maupun sekunder atau reboisasi. Topografi dan relief yang bervariasi di daerah survei daerah lereng Arjuno dari dataran sampai dengan pegunungan menyebabkan adanya perbedaan proses pembentukan dan perkembangan tanah yang beragam.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan mahoni dan pinus. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah parang, *lux* meter, *thermohygrometer*, kompas, pita ukur, *clinometer*, tali rafia, kamera digital, dan alat tulis.

#### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan secara observasi langsung di lapang untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian. Metode yang digunakan dalam

penentuan plot pengamatan adalah metode *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel secara sengaja sesuai dengan persyaratan sampel yang diperlukan.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan seperti, pengukuran intensitas cahaya matahari, pengukuran suhu dan kelembaban. Data sekunder yang dibutuhkan adalah data profil dari lokasi penelitian meliputi data letak dan topografi.

#### 3.4.2 Penentuan Lokasi Pengamatan Sampel

Penentuan lokasi pengamatan berdasarkan jenis tegakan pohon yang dominan yaitu pohon pinus dan pohon mahoni. Masing-masing jenis pohon dicari plot berdasarkan usia yaitu pohon berumur muda dan berumur tua yang masing-masing berada pada kelerengan datar dan curam.

**Tabel 1. Kriteria Plot Penelitian**

No	Perlakuan	Kriteria
1	Tegakan Pohon	1. Tegakan Pinus 2. Tegakan Mahoni
2	Lereng	1. 0-3% Datar 2. 3-15% Curam
3	Umur Pohon	1. Umur 10-20 tahun 2. umur 21 – 30 tahun

sehingga akan di ambil 1 plot sehingga terdapat 20 plot yaitu :

Tabel 2. Kode Plot Pengamatan di Kawasan UB Forest

Sistem Agroforestry		Perlakuan		Lokasi Plot	Kode Plot
Pinus Murni		Datar	Muda	883b	PMDM
		Datar	Tua		PMDT
		Curam	Muda		PMCN
		Curam	Tua	83a	PMCT
Agroforestri Pinus	Kopi	Datar	Tua	83b	PKDT
		Datar	Muda	84a	PKDM
		Curam	Tua	83b	PKCT
		Curam	Muda	83b	PKCM
	Wortel dan Cabai	Datar	Muda	83b	PSDM
		Datar	Tua		PSDT
		Curam	Muda		PSCM
		Curam	Tua	83b	PSCT
Agroforestri Mahoni	Kopi	Datar	Tua	98b-1	MKDT
		Datar	Muda	100c	MKDM
		Curam	Tua	98 b-1	MKCT
		Curam	Muda	100c	MKCM
	Talas	Datar	Tua	98-1	MTDT
		Datar	Muda	100b	MTDM
		Curam	Tua	98b-1	MTCT
		Curam	Muda	100c	MTCM

Kriteria kemiringan lereng menurut Bintarto dalam (Koestoer, 2000).

No	Kemiringan Lereng	Deskripsi
1	0-8%	Datar
2	8-15%	Landai-Agak Curam
3	15-25%	Agak Curam-Curam
4	25-45%	Curam- Sangat Curam
5	>45%	Sangat Curam

Untuk kriteria umur pohon pada pohon pinus dapat dilihat dari sadapan pohon pinus, untuk umur 10-20 penyadapan pohon pinus lebih intensif dilakukan dibandingkan pada umur 21-30 penyadapan tidak aktif lagi dilakukan karena produktifitas getah sudah menurun. Hal tersebut sesuai dengan (Sukarno *et al*, 2012) Pohon pinus Produksi getah rerata pada umur 15 tahun dan 18 tahun masing-masing adalah sebesar 71,5 g/pohon dan sebesar 46,1 g/pohon, relatif lebih banyak daripada produksi getah umur 24 tahun, yaitu sebesar 41,2 g/pohon.

Sedangkan kriteria umur pohon pada pohon mahoni dapat dilihat dari jumlah tutupan tajuk pohon, pada umur 10-20 tahun tajuk pohon mahoni tergolong sedang, sedangkan pada umur 21-30 tajuk tergolong besar hal tersebut sesuai menurut (Sabanurdin *et al*, 2004) semakin tua umur tegakan mahoni mempunyai volume tajuk besar sehingga kerapatan penutupan tajuk pada lorong. Perubahan volume tajuk ini berpengaruh terhadap dinamisasi lorong yang dimanfaatkan oleh petani dengan menanam tanaman pertanian. Semakin besar volume tajuk mahoni, ruang temu sebagai tempat bercocok tanam tanaman pertanian cenderung menjadi tidak aktif.

### 3.3.3 Unsur lingkungan mikro yang diamati

#### 1. Pengukuran Penetrasi cahaya matahari

Alat yang digunakan untuk mengukur penetrasi cahaya matahari yaitu *lux meter* dengan satuan (*Lux*). Bagian *lux meter* yang peka terhadap cahaya diarahkan pada pantulan datangnya cahaya, besarnya intensitas dapat dilihat pada skala. *Lux meter* bekerja dengan sensor cahaya. *Lux meter* cukup dipegang setinggi 75 cm diatas lantai hutan. Layar penunjuknya akan menampilkan tingkat pencahayaan pada titik pengukuran.



Gambar 1. (a) Pengukuran Penetrasi Cahaya Matahari Pada Pohon Mahoni, menggunakan alat *Lux Meter*; (b) Pengukuran Penetrasi Cahaya Matahari Pada Pohon Pinus, menggunakan alat *Lux Meter*.

#### 2. Pengukuran suhu dan kelembaban

Suhu dengan satuan derajat *celcius* ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban dengan satuan persentase (%) dilakukan dengan menggunakan alat *thermohygrometer*.



Gambar 2. Pengukuran Suhu dan Kelembaban menggunakan alat Thermohygrometer  
Alat di simpan di lantai hutan kemudian pada layar akan menunjukan besaran suhu dan kelembaban pada plot yang diamati. Untuk pengukuran



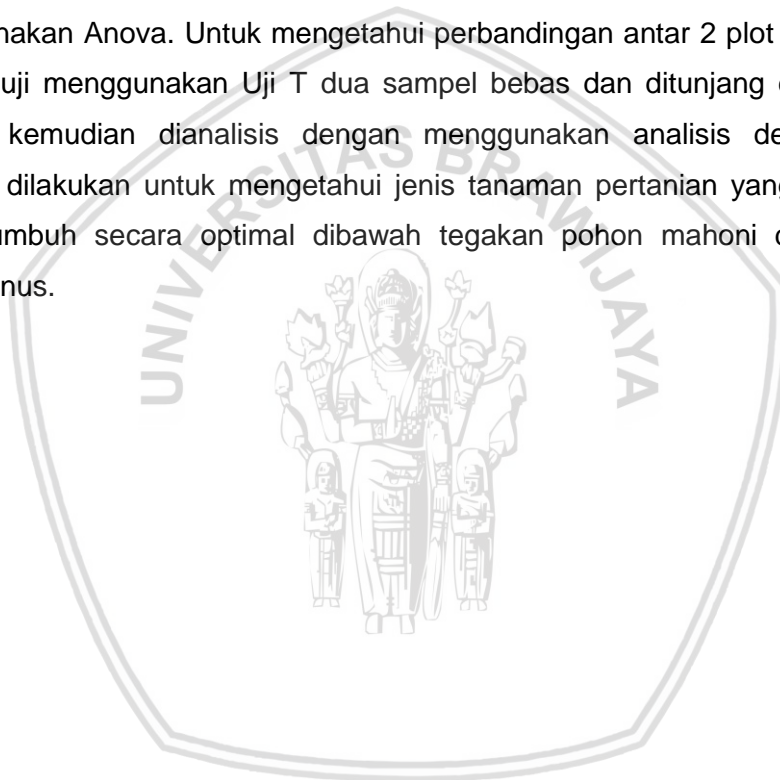
intensitas cahaya, suhu dan kelembaban dari pukul 07.00-15.00 WIB dilakukan pengamatan setiap 30 menit.

#### **3.3.4 Pengukuran tajuk pohon**

Pengukuran tajuk pohon dilakukan pada setiap plot contoh, diukur dengan cara aktual yaitu menggunakan rumus lingkaran. Pengukuran tajuk dilakukan untuk mengetahui luas tajuk pohon pinus dan mahoni.

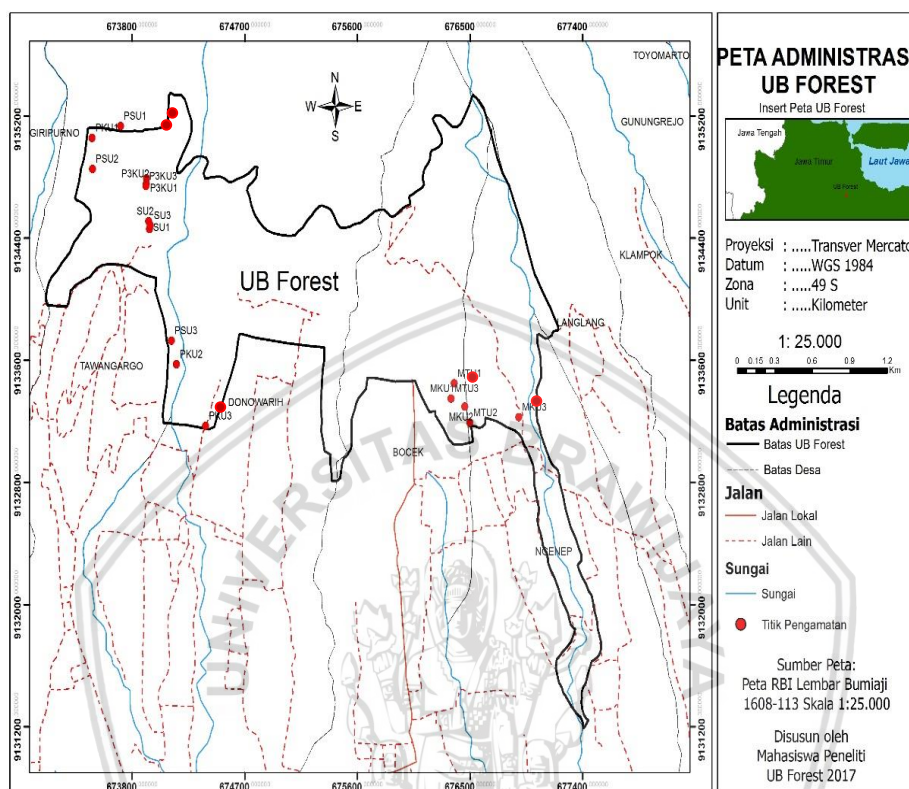
#### **3.4 Analisis Data**

Data hasil pengukuran intensitas cahaya, suhu, kelembaban, dimensi pohon, dibuat ke dalam bentuk tabel agar mudah diolah dan dianalisis. Data diolah menggunakan Anova. Untuk mengetahui perbandingan antar 2 plot pengamatan akan di uji menggunakan Uji T dua sampel bebas dan ditunjang dengan data literatur kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui jenis tanaman pertanian yang cocok dan dapat tumbuh secara optimal dibawah tegakan pohon mahoni dan tegakan pohon pinus.



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Plot Pengamatan



Gambar 6 Peta UB Forest

Penelitian dilakukan di 3 kawasan UB Forest yakni Dusun Summersari pada ketinggian 800->1000 mdpl, Dusun Sumberwangi pada ketinggian 800->1000 mdpl, dan Dusun Bontoro pada ketinggian 600-800 mdpl. Pengamatan unsur lingkungan mikro seperti penetrasi radiasi matahari, suhu, dan kelembaban pada sistem agroforestry pinus kopi dilakukan di Dusun Summersari dan Dusun Sumberwangi sedangkan untuk pengamatan unsur lingkungan mikro pada sistem agroforestry mahoni kopi dilakukan di Dusun Bontoro. Adapun topografi antara ketiga dusun memiliki perbedaan yaitu khususnya ketinggian dan kelereng. Pada Dusun Summersari yang ditemukan adalah tegakan pinus yang telah diolah menjadi sistem agroforestry pinus dengan tanaman kopi dan tanaman semusim, selain itu masih ditemukan tegakan pinus yang belum diolah atau dapat disebut pinus murni, tidak berbeda jauh dengan Dusun Sumberwangi dimana tegakan pinus yang ditemukan telah diolah menjadi sistem agroforestry pinus dengan tanaman kopi dan tanaman semusim, hanya saja pada dusun sumberwangi

agroforestry pinus kopi lebih dominan dan tidak ditemukan tegakan pinus murni. Sedangkan pada Dusun Bontoro tegakan yang ditemukan adalah tegakan mahoni yang keseluruhan kawasannya telah diolah menjadi sistem agroforestri mahoni dengan tanaman kopi dan sistem agroforestri mahoni dengan tanaman semusim. (Lampiran 1)

#### 4.2 Pengukuran Unsur Lingkungan Mikro Di Kawasan UB Forest

Kawasan UB forest adalah kawasan hutan yang di dominasi oleh tegakan pinus dan mahoni. Tegakan pinus tersebar di dusun Sumberwangi dan Sumbersari sedangkan tanaman mahoni tersebar di dusun Bontoro. Pada penelitian ini perbedaan penetrasi radiasi matahari yang diterima tanaman baik pada tegakan pinus murni, sistem agroforestri pinus-kopi, sistem agroforestri pinus-semusim, sistem agroforestri mahoni-kopi, dan sistem agroforestri mahoni semusim dipengaruhi oleh kelerengan, perbedaan usia, faktor modifikasi yang dilakukan manusia, dan karakter setiap tanaman yang mempengaruhi penetrasi cahaya matahari pada setiap tegakan di kawasan UB Forest.

##### 4.2.1 Penetrasi Cahaya Matahari Tanaman Pinus dan Mahoni

Tegakan pinus ditemukan tiga penggunaan lahan yang diantaranya kawasan pinus murni yang belum di olah dan dimanfaatkan oleh masyarakat, sistem agroforestri pinus-kopi dan sistem agroforestri pinus-semusim yang telah di dimanfaatkan oleh masyarakat. Sedangkan pada tegakan mahoni ditemukan dua penggunaan lahan diantaranya sistem agroforestri mahoni-kopi, dan sistem agroforestri mahoni-semusim yang di dominasi tanaman talas (*Colocasia esculenta L.*).

##### a. Perbedaan Penetrasi cahaya matahari berdasarkan umur pohon

Hasil dari pengukuran penetrasi cahaya matahari pada polot pengamatan berdasarkan perbedaan umur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Penetrasi Cahaya Matahari berdasarkan umur pohon

Plot	Umur	
	Tua ( <i>lux</i> )	Muda ( <i>lux</i> )
Pinus Murni	702,52 c	456,54 c
Agroforestri Pinus+Kopi	360,09 bc	191,88 b
Agroforestri Pinus+Wortel	448,73 c	195,72 bc
Agroforestri Mahoni+Kopi	92,09 a	101,79 a
Agroforestri Mahoni+Talas	151,07 b	155,03 b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji T berpasangan.

Pada plot pinus murni ditemukan pinus berusia tua dengan penetrasi radiasi yang sampai adalah 702,52 *lux*. Kawasan pinus murni ditumbuhi pinus berusia tua dengan luas tajuk 12,93m<sup>2</sup>, dan jarak tanam yang tidak beraturan pada ketinggian >1000 mdpl. Pada pinus murni berusia muda penetrasi radiasi matahari yang sampai sebesar 456,54 *lux*, perbedaan penetrasi radiasi matahari yang sampai pada perbandingan perbedaan usia pohon, dapat di lihat pada pinus berusia tua cahaya matahari yang diterima lebih besar dibandingkan dengan cahaya matahari yang diterima oleh pinus berusia muda, hal tersebut disebabkan oleh perbedaan tutupan tajuk. Pada pinus usia tua tajuk pohon lebih rendah dibandingkan dengan pinus berusia muda yang memiliki tajuk lebih besar. Selain itu pengaruh tinggi pohon mempengaruhi perbedaan penetrasi radiasi matahari yang di terima oleh pohon pinus, dimana pada pinus usia tua tinggi tanaman sampai >20m sedangkan pada pinus usia muda tinggi pohon <20m. Cahaya digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis. Semakin baik proses fotosintesis, semakin baik pula pertumbuhan tanaman (Omon *et al*, 2007).

Plot sistem agroforestri pohon pinus+kopi (*Coffea canephora*) pada usia tua penetrasi cahaya matahari yang sampai sebesar 360,09 *lux* dan pada pohon berusia muda cahaya matahari yang sampai sebesar 191,88 *lux*. Terdapat perbedaan penetrasi cahaya matahari dimana plot pinus+kopi berusia tua dengan luas tajuk 4,15m<sup>2</sup> akan lebih besar menerima cahaya matahari di bandingkan dengan pinus+kopi berusia muda yang memiliki luas tajuk 7,54m<sup>2</sup>. Selain itu pengaruh jarak tanam antar pohon mempengaruhi penetrasi cahaya matahari, pada pinus berusia tua jarak tanam antar pohon tidak rapat sementara pada pinus usia muda jarak tanam tidak beraturan dan lebih rapat.

Plot sistem agroforestri pohon pinus+tanaman semusim wortel (*Daucus carota*) terdapat pohon pinus berusia tua dengan penetrasi cahaya yang sampai sebesar 448,73*lux*. Sementara untuk pohon pinus berusia muda penetrasi radiasi matahari yang sampai sebesar 195,72 *lux*. Perbedaan penetrasi radiasi matahari terjadi akibat perbedaan luasan tajuk dimana pada pinus usia tua tajuk lebih rendah dibandingkan dengan pinus usia muda yang memiliki tutupan tajuk yang lebih besar.

Pada plot sistem agroforestri pohon madoni+kopi tidak terdapat perbedaan penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tanaman. Pada pohon mahoni berusia tua cahaya matahari yang diterima sebesar 92,09 *lux*, sementara pada pohon mahoni berusia muda penetrasi cahaya matahari yang diterima

adalah 101,79 *lux*. Perbedaan tidak terlihat secara signifikan dikarenakan pohon mahoni berusia tua dengan luas tajuk sebesar 36,28m<sup>2</sup>, dan pada mahoni berusia muda luas tajuk sebesar 16,61m<sup>2</sup>. Kedua plot memiliki luas tajuk yang besar sehingga hanya sedikit cahaya matahari yang sampai pada pohon mahoni.

Pada plot sistem agroforestri mahoni+semusiam talas (*Colocasia esculenta*) tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pohon mahoni berusia tua dengan pohon mahoni berusia muda. Pada mahoni berusia tua penetrasi cahaya matahari yang sampai sebesar 151,07 *lux* dengan luas tajuk 38,46m<sup>2</sup>, dan pada mahoni berusia muda penetrasi yang sampai sebesar 155,03 *lux* dengan luas tajuk 14,51m<sup>2</sup>. pohon mahoni memiliki presentase tajuk yang besar menyebabkan penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tanaman hanya sedikit.

b. Perbedaan Penetrasi cahaya matahari berdasarkan kelerengan

Hasil dari pengukuran penetrasi cahaya matahari pada polot pengamatan berdasarkan perbedaan kelerengan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Penetrasi cahaya matahari berdasarkan kelerengan

Plot	Lereng	
	Curam( <i>lux</i> )	Datar( <i>lux</i> )
Pinus Murni	502,22 d	705,52 c
Agroforestri Pinus+Kopi	350,33 c	360,09 bc
Agroforestri Pinus+Cabai	500,74 d	448,73 c
Agroforestri Mahoni+Kopi	156,22 b	92,09 b
Agroforestri Mahoni+Talas	74,06 a	151,07 a

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji T berpasangan.

Plot pinus murni dengan perbandingan antara pinus murni pada lereng curam dengan pinus murni pada lereng datar terdapat perbedaan yang signifikan. Penetrasi cahaya matahari yang diterima oleh pinus murni di lereng curam sebesar 502,22 *lux* dengan luas tajuk 11,93m<sup>2</sup> sedangkan pada pinus murni di lereng datar penetrasi cahaya matahari yang sampai sebesar 705,52 *lux* dengan luas tatuk 10,74m<sup>2</sup>. Perbedaan disebabkan oleh jarak tanam, luas tajuk pohon, dan perbedaan kemiringan lereng sehingga pada pinus di lereng datar lebih besar menerima cahaya matahari dibandingkan dengan pinus yang berada di lereng curam.



Pada plot sistem agroforestri pohon pinus+kopi terdapat perbedaan antara pinus pada lereng curam dengan pinus yang berada di lereng datar. Lereng curam penetrasi cahaya yang diterima pohon pinus sebesar 350,33 *lux* dan pada pinus di lereng datar penetrasi cahaya matahari yang sampai sebesar 360,09 *lux*. Lereng datar cahaya matahari yang diterima pohon pinus lebih merata dan tidak terjadi saling tutup antar pohon, sedangkan pada lereng curam arah lereng yang menghadap ke barat menyebabkan cahaya matahari tidak sampai pada tanaman secara optimal. Luas tajuk di plot pinus lereng datar sebesar 7,54m<sup>2</sup> dan pada lereng curam luas tajuk sebesar 9,61m<sup>2</sup>.

Pada plot sistem agroforestri pinus+cabai (*Capsicum annuum* 'Bird's Eye') terdapat perbedaan penetrasi radiasi matahari yang diterima pohon, dimana pada pinus+cabai di lereng curam menerima cahaya sebesar 500,74 *lux*. Sedangkan untuk pinus+cabai di lereng datar cahaya yang diterima sebesar 448,73 *lux*. Perbedaan cahaya matahari yang diterima pohon diakibatkan oleh jarak tanam yang tidak beraturan dan untuk pinus+cabai di lereng curam arah lereng menghadap ke arah utara yang menyebabkan cahaya matahari yang diterima oleh pohon menjadi maksimal.

Plot sistem agroforestri pohon mahoni+kopi penetrasi cahaya matahari lebih besar diterima oleh mahoni di lereng curam dengan nilai 156,22 *lux* dan pada mahoni di lereng datar sebesar 92,09 *lux*. Pada mahoni di lereng curam arah lereng menghadap ke timur yang menyebabkan cahaya matahari dapat diterima oleh tanaman secara optimal. Selain itu luasan tajuk pada mahoni di lereng curam sebesar 18,84m<sup>2</sup> dan pada mahoni di lereng datar luas tajuk sebesar 16,61m<sup>2</sup>.

Pada plot sistem agroforestri pohon mahoni+talas tidak terdapat perbedaan penetrasi cahaya matahari, dimana pada mahoni di lereng datar menerima cahaya matahari dengan nilai 74,06 *lux* dengan luas tajuk sebesar 19,62m<sup>2</sup>, dan pada mahoni di lereng curam penetrasi cahaya matahari yang diterima tanaman sebesar 151,07 *lux* dengan luas tajuk sebesar 14,51m<sup>2</sup>. Pada mahoni di lereng curam arah lereng menghadap ke barat yang menyebabkan cahaya tidak diterima secara optimal oleh tanaman. Selain itu lereng yang curam menyebabkan pohon saling menutupi satu sama lain sementara pada lereng datar cahaya matahari akan lebih merata di terima tanaman.

Hal itu sesuai dengan (Soestrisno, 1998) arah lereng berpengaruh terhadap pertumbuhan pohon, karena arah lereng menentukan banyaknya sinar matahari yang diterima. Lereng yang menghadap ke arah kutub jauh lebih lembab dan sejuk daripada yang mengarah ke katulistiwa atau equator lereng yang menghadap ke arah timur terkena pengaruh matahari pagi, lebih terlindung dari pengaruh angin barat daya. Lereng yang menghadap ke timur baik untuk pertumbuhan pohon terutama pada tegakan-tegakan rapat. Begitu juga dengan lereng-lereng yang menghadap ke arah utara terlindung dari efek matahari selama siang hari dan juga terlindung dari angin biasanya pertumbuhan pohon juga baik disini. Lereng-lereng yang menghadap ke selatan keadaanya panas dan relatif kering seperti halnya dengan lereng-lereng yang menghadap ke barat yang kering dan menyebabkan tergangguya pertumbuhan pohon.

c. Perbedaan penetrasi cahaya matahari antara pinus murni dengan sistem agroforestri pinus

Hasil dari pengukuran penetrasi cahaya matahari pada polot pengamatan berdasarkan perbedaan antara pinus murni dengan sistem agroforestri pinus dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Penetrasi cahaya matahari antara pinus murni dengan sistem agroforestri pinus

Plot	Penetrasi Cahaya Matahari( <i>lux</i> )
Pinus Murni	702,52 a
Agroforestri Pinus+Kopi	360,09 b
Agroforestri Pinus+Wortel	448,73 c

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji T berpasangan.

Pada plot pinus murni penetrasi cahaya matahari yang diterima sebesar 702,52 *lux* dengan luas tajuk sebesar 11,93m<sup>2</sup> sedangkan pada plot Agroforestri pinus+kopi cahaya yang diterima sebesar 360,09 *lux* dengan luas tajuk 10,74m<sup>2</sup>, dan untuk agroforestri pinus+wortel menerima cahaya matahari sebesar 448,73 *lux*. Terdapat perbedaan terhadap penetrasi cahaya matahari yang diterima oleh masing-masing tanaman. Perbedaan diakibatkan pengaruh ketinggian lokasi yang berbeda, pengaruh kelerengan yang berbeda, dan jarak tanam juga kerapatan tajuk yang berbeda.

- d. Perbedaan Penetrasi cahaya matahari berdasarkan sistem agroforestri pinus dan sistem agroforestri mahoni

Hasil dari pengukuran penetrasi cahaya matahari pada polot pengamatan berdasarkan perbedaan antara sistem agroforestri pinus dengan sistem agroforestri mahoni dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4. Penetrasi cahaya matahari antara sistem agroforestri pinus dan mahoni

Penetrasi Cahaya matahari( <i>lux</i> )				
Plot	Agroforestri Pinus+Kopi	350,33 a	Agroforestri Pinus+Wortel	500,74 c
	Agroforestri Mahoni+Kopi	156,22 b	Agroforestri Mahoni+Talas	74,06 ab

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang tidak berbeda nyata pada uji T berpasangan.

Pada sistem agroforestri pinus+kopi dengan sistem agroforestri pinus+semusim terdapat perbedaan penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tanaman. Sistem agroforestri pinus+kopi menerima cahaya matahari sebesar 350,33 *lux* lebih kecil dibandingkan dengan sistem agroforestri pinus+wortel dengan penetrasi cahaya matahari yang sampai sebesar 500,74 *lux*. Perbedaan terjadi karena dipengaruhi oleh luas tajuk pohon yang berbeda, pada sistem agroforestri pinus+wortel tajuk pohon lebih sedikit dibandingkan dengan tajuk pinus pada sistem agroforestri pinus+kopi.

Sistem agroforestri pohon mahoni+kopi dengan sistem agroforestri mahoni+semusim (talas) memiliki perbedaan penetrasi cahaya matahari yang diterima. Pada sistem agroforestri mahoni+kopi lebih sedikit menerima cahaya matahari yakni 156,22 *lux*, sedangkan pada sistem agroforestri talas menerima penetrasi cahaya matahari lebih besar yakni 74,06 *lux*. Hal tersebut dipengaruhi oleh lereng dan umur tanaman mahoni.

#### 4.2.2 Penetrasi Cahaya Matahari Tanaman Kopi (*Coffea canephora*)

Tanaman memerlukan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Menurut Omon *et al.* (2007), semakin baik proses fotosintesis maka akan semakin baik pula proses pertumbuhan tanaman. Besaran intensitas cahaya yang diteruskan kepermukaan lahan cenderung menurun seiring bertambahnya

umur suatu tanaman. Hasil pengukuran penutupan tajuk dan besarnya intensitas cahaya.

Tabel 5. Rerata Penetrasi Radiasi Matahari pada Pohon Kopi

Perlakuan		Bagian Pohon	
		Tengah(%)	Bawah(%)
Agroforestry Pinus –Kopi	Datar-Tua	49,86 ab	36,28 b
	Datar-Muda	51,10 a	37,14 b
	Curam-Tua	51,69 b	35,91 b
	Curam-Muda	77,38 d	57,32 c
Agroforestry Mahoni –Kopi	Datar-Tua	64,23 c	38,52 b
	Datar-Muda	69,76 cd	53,07 c
	Curam-Tua	76,28 cd	65,78 c
	Curam-Muda	24,35 a	12,43 a

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji T berpasangan

Pada tegakan agroforestry pinus kopi, didapat nilai persentase radiasi matahari yang diterima oleh tanaman yang dinaungi yaitu tanaman kopi. Pada plot pengamatan dilereng datar terdapat perbedaan cahaya matahari yang diterima antara tegakan pinus yang berusia muda dan tegakan pinus yang berusia tua. Pada plot tegakan pinus yang berusia tua, persentase cahaya matahari yang diterima tanaman kopi pada bagian tengah tajuk pohon kopi sebesar 54,92% dan yang diteruskan hingga kebawah tajuk pohon kopi yaitu sebesar 36,16% sedangkan pada plot pengamatan tegakan pinus yang berusia muda, persentase yang diterima tanaman kopi pada bagian tengah tajuk sebesar 50,63% dan yang diteruskan sampai kebagian bawah tajuk yaitu sebesar 36,67%. Pengamatan juga dilakukan pada kelerengan landai berombak yang terdapat perbedaan intensitas cahaya matahari yang diterima antara tegakan pinus yang berusia muda dan tegakan pinus yang berusia tua. Pada pinus yang berusia tua, tanaman kopi menerima intensitas cahaya matahari pada bagian tengah tajuk sebesar 51,68% dan yang diteruskan hingga kebagian bawah tajuk sebesar 35,89%, sedangkan pada tegakan pinus yang berusia muda, yang diterima pada bagian tengah tajuk sebesar 77,61% dan yang diteruskan hingga bagian bawah tajuk yaitu sebesar 5,88%.

Pada tegakan agroforestry pinus dengan tanaman semusim didapat 4 plot pengamatan yaitu pinus berumur tua dan muda di kelerengan datar dan dikelerengan curam. Pada plot pengamatan dikelerengan datar tanaman semusim yang dinaungi oleh tegakan pinus yaitu tanaman wortel. Intensitas matahari yang diterima tanaman wortel pada bagian tengahnya yaitu sebesar 60,5% dan pada bagian bawah sebesar 48,81%. Berbeda dengan tegakan pinus yang berada dikelerengan curam dimana tanaman yang dinaungi yaitu tanaman cabai, cahaya matahari yang diterima pada bagian tengah yaitu sebesar 82,5% dan pada bagian bawah yaitu sebesar 81,48%. Perbedaan kedua plot bisa dikarenakan berbedanya tinggi dari dua jenis tanaman semusim.

Pada tegakan agroforestry mahoni kopi, didapat nilai persentase radiasi matahari yang diterima oleh tanaman yang dinaungi yaitu tanaman kopi. Pada plot pengamatan dilereng datar terdapat perbedaan cahaya matahari yang diterima antara tegakan mahon yang berusia muda dan tegakan mahoni yang berusia tua. Pada plot tegakan mahoni yang berusia tua, persentase cahaya matahari yang diterima tanaman kopi pada bagian tengah tajuk pohon kopi sebesar 64,55% dan yang diteruskan hingga kebawah tajuk pohon kopi yaitu sebesar 38,55% sedangkan pada plot pengamatan tegakan mahoni yang berusia muda, persentase yang diterima tanaman kopi pada bagian tengah tajuk sebesar 69,97% dan yang diteruskan sampai kebagian bawah tajuk yaitu sebesar 53,31%. Pengamatan juga dilakukan pada kelerengan curam yang terdapat perbedaan intensitas cahaya matahari yang diterima antara tegakan mahoni yang berusia muda dan tegakan mahoni yang berusia tua. Pada mahoni yang berusia tua, tanaman kopi menerima intensitas cahaya matahari pada bagian tengah tajuk sebesar 76,64% dan yang diteruskan hingga kebagian bawah tajuk sebesar 65,22%, sedangkan pada tegakan pinus yang berusia muda, yang diterima pada bagian tengah tajuk sebesar 23,98% dan yang diteruskan hingga bagian bawah tajuk yaitu sebesar 12,31%.

Pada tegakan agroforestry mahoni+talas dimana keempat plot pengamatan tanaman yang dinaungi oleh tanaman mahoni yaitu tanaman talas. Pada plot pengamatan dilereng datar terdapat perbedaan cahaya matahari yang diterima antara tegakan mahon yang berusia muda dan tegakan mahoni yang berusia tua. Pada plot tegakan mahoni yang berusia tua, persentase cahaya matahari yang diterima tanaman talas pada bagian tengah tajuk pohon kopi sebesar 39,88% dan yang diteruskan hingga kebawah tajuk pohon talas yaitu



sebesar 27,83% sedangkan pada plot pengamatan tegakan mahoni yang berusia muda, persentase yang diterima tanaman talas pada bagian tengah tajuk sebesar 46,32% dan yang diteruskan sampai kebagian bawah tajuk yaitu sebesar 34,48%. Pengamatan juga dilakukan pada kelerengan curam yang terdapat perbedaan intensitas cahaya matahari yang diterima antara tegakan mahoni yang berusia muda dan tegakan mahoni yang berusia tua. Pada mahoni yang berusia tua, tanaman talas menerima intensitas cahaya matahari pada bagian tengah tajuk sebesar 72,31% dan yang diteruskan hingga kebagian bawah tajuk sebesar 58,57%, sedangkan pada tegakan pinus yang berusia muda, yang diterima pada bagian tengah tajuk sebesar 25,66% dan yang diteruskan hingga bagian bawah tajuk yaitu sebesar 16,41%.

Besarnya intensitas cahaya pada masing-masing tegakan tidak dapat dibandingkan dikarenakan waktu pengukuran yang berbeda. Tidak terlalu beda nilai persentase yang diterima oleh tanaman pinus dan tanaman kopi dikarenakan pada kondisi lahan bila dilihat secara menyeluruh memiliki luas  $\pm$  48,89 ha dengan jarak tanam pohon pinus yang tidak beraturan dan tinggi pohon rata-rata 20-25 meter dan jarak tanam pohon kopi rata-rata 2,5 – 3 meter dan tinggi pohon rata-rata 180 cm. Kondisi dilahan terdapat banyak pohon pinus yang sudah mati/tumbang dikarenakan sebelum peralihan lahan dari perhutani ke pihak Universitas Brawijaya sering dilakukannya kegiatan pengambilan getah dari pohon pinus oleh para petani.

Menurut Handoko (1995), penerimaan radiasi surya dipermukaan bumi sangatlah bervariasi menurut tempat dan waktu. Khususnya pada perbedaan tempat, dimana disebabkan oleh letak lintang serta keadaan atmosfer terutama awan. Pada skala mikro arah lereng sangat menentukan jumlah radiasi yang diterima. Menurut waktu, perbedaan radiasi terjadi dalam sehari (dari pagi hari hingga sore hari) maupun secara musiman (dari hari ke hari).

Menurut Nasarudin *et al.*, (2006), tanaman kopi merupakan tanaman C3 dengan ciri khas efisiensi fotosintesis rendah karena terjadi fotorespirasi, sehingga sepanjang hidupnya memerlukan naungan. Tingkat naungan berhubungan erat dengan intensitas cahaya, sedangkan intensitas cahaya berhubungan erat dengan proses fotosintesis dan aktivitas stomata tanaman. Jenis kopi yang terdapat diplot pengamatan yaitu kopi robusta dimana menurut Sakiroh *et al.*, (2012), kopi robusta memerlukan naungan antara 40% - 70% untuk pertumbuhannya. Dari data diatas dapat disimpulkan penetrasi radiasi

matahari pada tajuk kopi sudah cukup ideal karena energy yang diterima sampai pada bagian tengah masih diatas 50%.

#### 4.2.3 Suhu dan Kelembaban Pada Kawasan UB Forest

Menurut Widiningsih (1985) dalam Noorhadi *et al.* (2003), kelembaba dan suhu udara merupakan komponen iklim mikro yang sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan masing-masing berkaitan mewujudkan keadaan lingkungan optimal bagi tanaman. Pertumbuhan suatu tanaman meningkat jika suhu meningkat dan kelembaban menurun, demikian pula sebaliknya. Tanaman yang beriklim sedang, suhu maksimum untuk fotosintesa berkisar antara 20°C sampai 30°C. Suhu yang baik bagi pertumbuhan suatu tanaman adalah berkisar antara 22°C sampai 37°C (Pratiwi 2010). Pengukuran suhu dan kelembaban pada tegakan mahoni muda dan tua dilakukan pada pukul 07.00-15.00 WIB dengan menggunakan alat *thermohygrometer*. Pengamatan terhadap suhu dan kelembaban dilakukan setiap 30 menit sekali selama seminggu, hal ini dilakukan karena untuk mengetahui tingkat perubahan suhu.

Pada tegakan pinus murni yang berusai muda memiliki rata-rata suhu dan kelembaban yang berbeda antara kelerengan datar dan kelerengan muda dimana suhu rata-rata diplot pengamatan pinus murni pada kelerengan datar sebesar 19,97°C dengan rata-rata kelembaban 88,47% da diplot pengamatan pinus murni pada kelerengan curam suhu rata-rata 21,34°C dengan kelembaban 83%.

Suhu dan kelembaban pada plot pengamatan dengan tegakan pohon pinus dan tegakan pohon mahoni memiliki nilai rata-rata yang tidak jauh berbeda, yang dikarenakan lokasi pengamatan terletak didusun yang sama yang memiliki ketinggian yang juga tidak jauh berbeda. Perbedaan terdapat pada kelembaban antara pinus yang berusia muda dengan pinus yang berusia tua dimana tutupan kanopi pada pinus yang berusia tua memiliki persentase yang lebih kecil dibanding dengan pinus yang berusia muda dikarenakan semakin bertambahnya usia pohon pinus maka daun pada ranting semakin berguguran dan mempengaruhi tutupan kanopi pohon.

Tabel 6 Rerata Suhu dan Kelembaban

Perlakuan			Suhu(°C)	Kelembaban(%)
Tegakan Pinus Murni	Lereng Datar	Pinus Umur Tua	23,13	70,15
	Lereng Curam	Pinus Umur Muda	18,89	91,25
	Lereng Datar	Pinus Umur Tua	19,97	88,47
	Lereng Curam	Pinus Umur Muda	21,34	83,00
Agroforestry Pinus -Kopi	Lereng Datar	Pinus Umur Tua	22,21	77,59
		Pinus Umur Muda	23,01	83,06
	Lereng Curam	Pinus Umur Tua	20,84	78,88
		Pinus Umur Muda	25,26	80,88
Agroforestry Pinus – Wortel&Cabai	Lereng Datar	Pinus Umur Tua	22,32	76,43
	Lereng Curam	Pinus Umur Muda	22,12	77,56
	Lereng Datar	Pinus Umur Tua	21,29	78,84
	Lereng Curam	Pinus Umur Muda	22,36	79,00
Agroforestry Mahoni –Kopi	Lereng Datar	Mahoni Umur Tua	20,62	77,88
		Mahoni Umur Muda	22,73	80,94
	Lereng Curam	Mahoni Umur Tua	22,15	77,12
		Mahoni Umur Muda	35,35	78,65
Agroforestry Mahoni – Talas	Lereng Datar	Mahoni Umur Tua	22,32	77,06
		Mahoni Umur Muda	23,25	72,59
	Lereng Curam	Mahoni Umur Tua	23,14	77,29
		Mahoni Umur Muda	22,12	78,24

Selain tinggi tempat, penutupan tajuk suatu pohon juga akan mempengaruhi tinggi rendahnya suhu dan kelembaban. Berdasarkan kondisi lokasi penelitian, tegakan mahoni muda mempunyai tajuk yang jarang sehingga pada tegakan tersebut mempunyai suhu yang tinggi dan kelembaban yang rendah. Hal ini karena pada tegakan mahoni muda tajuk pohonnya tergolong jarang sehingga mengakibatkan intensitas cahaya yang masuk ke permukaan lahan lebih banyak dan akan meningkatkan suhu permukaan. Untuk tegakan mahoni tua mempunyai tajuk yang relatif lebih rapat sehingga intensitas cahaya

yang masuk ke permukaan lahan semakin sedikit dan suhu permukaan akan semakin menurun.

Kelembaban udara merupakan banyaknya kadar uap air yang ada di udara. Kadar air dalam udara dapat mempengaruhi pertumbuhan serta perkembangan tumbuhan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban udara diantaranya adanya tegakan pohon, terutama tegakan pohon yang rapat (Purwowidodo, 1998). Kelembaban yang diukur pada petak ukur contoh menunjukkan bahwa semakin tua umur pohon akan memberikan penurunan kelembaban. Hal ini karena tajuk pohon yang semakin melebar seiring bertambahnya umur suatu tanaman yang akan dapat mengurangi intensitas cahaya yang datang atau masuk ke permukaan lahan sehingga akan menurunkan jumlah cahaya yang dapat dipergunakan bagi tumbuhan bawahnya (tanaman pertanian).

#### **4.3 Rekomendasi Tanaman Yang Dapat di Budidayakan**

Pinus merkusii merupakan satu-satunya jenis pinus yang asli di Indonesia (Harahap dan Aswandi, 2006). P. merkusii merupakan jenis pohon pionir berdaun jarum yang termasuk dalam family Pinaceae. Secara alami P. merkusii juga dijumpai tumbuh di Aceh, Tapanuli dan daerah Kerinci, Sumatera bagian utara (Kalima. T, et al., 2005). Dapat tumbuh pada daerah ketinggian 200-2.000 mdpl, dengan curah hujan antara 1.200-3.000 mm pertahun. Selain di Indonesia, P. merkusii juga dijumpai tumbuh secara alam di Vietnam, Kamboja, Thailand, Burma, India, dan Philipina (Suhardi *et al*, 1994).

P.merkusii tergolong jenis yang membutuhkan cahaya sinar matahari secara penuh (jenis *heliophytes*) dalam proses pertumbuhannya. Berkurangnya intensitas dan pendeknya waktu cahaya matahari yang diterima dapat menghambat pertumbuhan pohon, karena kegiatan fotosintesa menjadi menurun. Faktor cahaya yang penuh diterima merupakan salah satu penyebab terbentuknya banyak tegakan pinus tumbuh baik di jejeran punggung bukit sejauh mata memandang di wilayah UB *forest*. oleh karena itu tegakan pinus yang berada di kawasan UB *Forest* sudah sesuai dengan kebutuhan pohon pinus, dan dapat di manfaatkan menjadi sistem agroforestri yang telah banyak diterapkan baik dengan tanaman tahunan berupa kopi dengan maupun dengan tanaman semusim, dengan penetrasi cahaya matahari yang diterima berkisar 234-537,22 lux.

Berikut adalah jenis-jenis tanaman pertanian yang direkomendasikan untuk melakukan kegiatan tumpang sari dibawah pohon pinus dan pohon mahoni yaitu bawang prei, buncis, cabai keriting, cabai rawit, jagung, jahe, kopi, kubis, papaya, pisang, rumput gajah, singkong, talas mbothe, talas bentul dan tomat. Agroforestri pada dasarnya merupakan sistem penggunaan lahan yang dilakukan dengan penggabungan tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian (tanaman semusim) atau dengan hewan (komponen peternakan), baik menurut tata ruang maupun tata waktu. Oleh karena itu, pola penggabungan komponen agroforestri harus dirancang secara baik dan tepat agar interaksi antar komponen yang digabungkan dapat menekan pengaruh interaksi negatif, dan sebaliknya dapat memperbesar pengaruh interaksi positif (Indriyanto 2008). Pola agroforestri melibatkan berbagai jenis tanaman sebagai komponennya, baik berupa pohon, perdu, liana maupun tanaman semusim. Dalam memilih jenis-jenis tanaman yang akan dikembangkan perlu disesuaikan dengan keadaan ekologis setempat, seperti iklim atau curah hujan, topografi, ketinggian tempat dan lahan (marginal atau subur). Pepohonan yang ditanam dalam sistem agroforestri tidak hanya menghasilkan kayu, tetapi juga buah-buahan dan dedaunan yang dapat digunakan sebagai bahan makanan manusia atau bahan pakan ternak. Jenis-jenis pohon yang akan dipilih sebagai komponen dalam sistem agroforestri harus mampu memberikan keuntungan. Keuntungan-keuntungan tersebut diantaranya dapat memberikan hasil yang dapat digunakan oleh penduduk setempat, berpengaruh baik terhadap proses hidroorologis, mampu memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahan.

Pada tegakan hutan mahoni penetrasi cahaya matahari yang sampai lebih kecil di bandingkan pada tegakan pinus maka tanaman yang cocok ditanam adalah jahe, karena jahe memiliki nilai ekonomi tertinggi diantara berbagai jenis tanaman terna setahun, terutama kelompok empon-empon. Hal-hal yang dikehendaki 25 tanaman jahe untuk dapat hidup, tumbuh, dan bereproduksi maksimal disebut syarat tumbuh tanaman. Syarat tumbuh tanaman ini umumnya meliputi ketinggian tempat, curah hujan, dan jenis tanah. Syarat tumbuh tanaman perlu diketahui untuk mendapatkan hasil yang diharapkan dari budidaya tanaman tersebut. Syarat tumbuh tanaman jahe yaitu dapat tumbuh di dataran rendah sampai wilayah pegunungan, dari ketinggian 0-1.500 m dpl. Karenanya, jahe cenderung menghendaki tempat-tempat yang bercurah hujan tinggi sampai tanaman berumur 5-6 bulan. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, tanaman ini



menghendaki tanah yang subur, gembur dan berdrainase baik. Tanaman jahe menghendaki suhu 25-30° C (Harmono et al. 2005). Jahe menghendaki suhu 25-30° C, kelembaban 80% dan tumbuh pada ketinggian 0-1.500 mdpl. Tanaman mahoni muda tumbuh pada ketinggian 1000-1500 mdpl, suhu 28-29,5° C, RH 75,12% Berdasarkan keterangan tersebut maka tanaman jahe cocok untuk ditanam di bawah tegakan mahoni dan tegakan pinus.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa unsur lingkungan mikro memiliki karakteristik sesuai tegakan hutan yang tumbuh di kawasan UB Forest.

1. Pada unsur penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tegakan dipengaruhi oleh umur tanaman, arah lereng, luas tajuk, ketinggian dan jarak tanam. Pada tegakan pinus dan mahoni terdapat perbedaan terhadap penetrasi cahaya matahari yang sampai pada tanaman, dimana pada tegakan pinus penetrasi cahaya matahari lebih besar dibandingkan dengan tegakan mahoni. Hal tersebut dipengaruhi oleh karakter luas tajuk yang berbeda, pada tegakan pinus tajuk lebih kecil sehingga penetrasi cahaya matahari lebih banyak diterima tanaman, sedangkan pada tegakan mahoni karakter tajuk lebih besar sehingga penetrasi cahaya matahari yang masuk lebih sedikit.
2. Berikut adalah jenis-jenis tanaman pertanian yang direkomendasikan untuk melakukan kegiatan tumpang sari dibawah tegakan pinus dan tegakan mahoni untuk tanaman tahunan tanaman kopi sangat sesuai ditanam di bawah tegakan pinus atau mahoni, sedangkan untuk tanaman semusim yang dapat ditanam yaitu bawang prei, buncis, cabai keriting, cabai rawit, jagung, jahe, kubis, pepaya, pisang, rumput gajah, singkong, talas mbothe, talas bentul dan tomat.

### 5.2 Saran

Dalam upaya pengembangan kawasan ub forest, tanaman kopi lebih cocok ditanam dibawah naungan tegakan mahoni, sedangkan untuk tanaman semusim lebih cocok ditanam di bawah naungan tegakan pinus.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson MC. 1970. Interpreting the fraction of solar radiation available in forest. *Agricultural Meteorology* 7: 19-28.
- Baharudin dan Taskirawati. Buku Ajar Klimatologi, 2017. <http://unhas.ac.id/fahutan/index.php/id/bukuajar.html?download=7%3AKlimatologi>. Di unduh pada tanggal 21 mei 2017.
- Corryanti dan R. Rahmawati. 2015. Terobosan Memperbanyak Pinus (*Pinus merkusii*). Puslitbang Perum Perhutani. Cepu
- Dahlian E. dan Hartoyo, 1997. Komponen Kimia Terpentin dari Getah Tusam (*Pinus merkusii*) Asal Kalimantan Barat. *Info Hasil Hutan* Vol.4. Nomor 1. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Pp.38-44.
- Departemen Kehutanan. 2009. Data Potensi Hutan Rakyat di Indonesia. Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial, Departemen Kehutanan. Jakarta
- De Foresta, H and G. Michon. 1997. The Agroforest alternative to imperata Grasslands: When smallholder Agriculture and forestry reach sustainability. *Agroforestry systems* 36:150-120
- Djajapertjunda, M.S.2002.Hutan dan Kehutanan Indonesia: dari masa ke masa. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Durahim dan Hendromono. 2001. Kemungkinan Penggunaan Limbah Organik
- Fandeli, C. 1980. Agroforestry suatu teknologi tepat guna untuk membuat hutan rakyat, makalah disampaikan dalam seminar pengalaman dengan agroforestry di Jawa, Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM
- Firmansyah,.Peranan Agroforestry Untuk Konservasi Tanah dan Air. Pusat Penyuluhan Kehutanan BP2SDM.
- Harahap, R. M. S. dan E. Izuddin. 2002. Konifer di Sumatera Bagian Utara. *Konifera. PematangSiantar*. No.1/XVII:66-67.
- Harahap, R.M.S. dan Aswandi, 2006. Pengembangan dan Konservasi Tusam (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vries) Strain Tapanuli dan Kerinci. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian "Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan". Padang, 20 September 2006. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor
- Harianja.2008. Tumbuhan Obat dan Khasiatnya. Cetakan kelima. Penebar Swadaya. Jakarta
- Hidayat J, Hansen CP. 2001. Informasi Singkat Benih: Pinus merkusii. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan Departemen Kehutanan RI. Jakarta.

- Harmono, Andoko A. 2005. Budi Daya & Peluang Bisnis Jahe. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Impron. 1999. Neraca Radiasi Tanaman. Pelatihan Dosen-Dosen Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Bagian Barat Dalam Bidang Agrometeorologi. Bogor 1-12 Februari 1999. Bogor.
- Indriyanto. 2012. Ekologi Hutan. PT. Bumi Aksara: Jakarta
- Indriyanto. 2008. Pengantar Budidaya Hutan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Jones HG. 1983. Plants and Microclimate. Cambridge University Press. Cambridge.
- Komarayati S, Gusmailina, dan G Pari. 2002. Pembuatan Kompos dan Arang Kompos dari Serasah dan Kulit Kayu Tusam. Buletin Penelitian Hasil Hutan. Bogor. 20(3):231-232 Media Pertumbuhan Bibit Mahoni (*Swietenia macrophylla* King). Buletin
- Monteith J.L. 1973. Principles of Environmental Physics. Edward Arnold. London. Penelitian Hutan no.628 Hal 13-26
- Omon RM, Adman B. 2007. Pengaruh jarak tanam dan teknik pemeliharaan terhadap pertumbuhan kenuar (*Shorea johorensis* Foxw.) di hutan semak belukar wanariset Samboja, Kalimantan Timur. J Penelitian Dipterokarpa Vol. I (1): 47-54
- Nazaruddin, R.; L.K. Seng; O. Hassan & M. Said (2006). Effect of pulp preconditioning on the content of polyphenols in cocoabeans (*Theobroma cacao*) during fermentation. Industrial Crops Products, 24, 87—94.
- Noorhadi, Sudadi. 2003. Kajian pemberian air dan mulsa terhadap iklim mikro pada tanaman cabai di tanah entisol. J ilmu tanah dan lingkungan Vol 4 (1): 41-49.
- Perhutani. 2002. Petunjuk pengelolaan sumber daya hutan bersama masyarakat di unit I Jawa Tengah. Semarang: Biro Pembina Sumber Daya Hutan. Sabut Kelapa Sawit dan Sekam Padi Sebagai Campuran Topsoil.
- Prawirowardoyo, Susilo. 1996. Meteorologi. Bandung : ITB
- Purwowidodo. 1998. Mengenal Tanah Hutan (Penampang Tanah). Laboratorium Pengaruh Hutan. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. 1-46
- Sabarnurdin, Suryanto, Aryono. 2004. Dinamika Pohon Mahoni (*Swietenia Macrophylla* King) Pada Agroforestry Pola Lorong (*Alley Cropping*). Ilmu Pertanian Vol. 11 No.1, 2004 : 63 - 73
- Sakiroh, Sobari, I., Heri, E., 2012. Pengaruh Jenis Tanaman Penaung Terhadap Pertumbuhan Dan Persentase Tanaman Berbuah Pada Kopi Arabika Varietas Kartika 1. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

- Siregar. 2005. Pemuliaan *Pinus merkusii*. Fakultas Pertanian. Jurusan Kehutanan. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sastrohamidjojo, H. 2004. Kimia Minyak Atsiri. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 14
- Sukarno, A., Hardiyanto, Marsoem<sup>1</sup>, Na'iem, 2012. Pengaruh Perbedaan Kelas Umur terhadap Produktivitas Getah *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese Ras Lahan Jawa melalui Penyadapan Getah Metode Bor. ISSN: 2087-3522 E-ISSN: 2338-1671. J-PAL, Vol. 3, No. 1, 2012
- Tjasyono, Bayong. 2004. Klimatologi. Bandung : ITB
- Van Steenis, C.G.G.J., 2003, Flora, hal 233-236, P.T. Pradya Paramita, Jakarta.
- Wirdjohamidjojo, S., Swarinoto, Y.S., 2007. Praktek Meteorologi Pertanian. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: Jakarta
- Yuniarti, Titin. (2008). Ensiklopedia Tanaman Obat Tradisional. Cetakan Pertama. Media Pressindo. Yogyakarta.

